

PCT/JP 2004/003279

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

12. 3. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 6 5 0 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 7 6 5 0 0]

出 願 人 株式会社荏原製作所
Applicant(s):

REC'D 29 APR 2004

WIPO

PCT

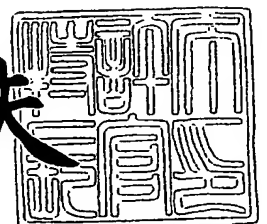
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 EB3013P

【提出日】 平成15年 3月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23H 05/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作
所内

【氏名】 鍋谷 治

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【代表者】 依田 正稔

【代理人】

【識別番号】 100091498

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書
【発明の名称】 複合加工装置及び方法
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板を保持する基板ホルダと、

基板の表面を機械的作用を含む加工方法で加工する機械的加工部と、イオン交換体を備えた加工電極を有し、該イオン交換体を基板に接触させつつ前記加工電極と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部とを個別に備えた加工テーブルと、

基板と前記加工電極の間、及び基板と前記機械的加工部の間に液体を供給する液体供給手段と、

基板と前記加工テーブルとを相対移動させる駆動部を備えたことを特徴とする複合加工装置。

【請求項 2】 基板と前記加工テーブルが相対移動する時、前記加工電極が前記基板ホルダで保持された基板の被加工部位を通過し、該被加工部位を前記機械的加工部が続けて通過することを特徴とする請求項 1 記載の複合加工装置。

【請求項 3】 前記加工電極に続けて前記機械的加工部が基板の被加工部位を通過する時間は、1 秒以内に設定されていることを特徴とする請求項 2 記載の複合加工装置。

【請求項 4】 前記機械的加工部は、固定砥粒からなる加工面を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の複合加工装置。

【請求項 5】 前記機械的加工部は、研磨パッドからなる加工面と、該加工面にスラリーを供給するスラリー供給部を有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の複合加工装置。

【請求項 6】 前記加工テーブルには、前記加工電極と基板に給電する給電電極とが交互かつ所定間隔離間して配置され、前記加工電極を挟む位置に前記機械的加工部が配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の複合加工装置。

【請求項 7】 前記加工テーブルは、スクロール運動を行うことを特徴とする請求項 6 記載の複合加工装置。

【請求項 8】 前記加工テーブルは円板状に形成され、前記加工電極は、半径方向に延びて、前記給電電極は、該加工電極を挟む両側にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の複合加工装置。

【請求項 9】 基板を保持する基板ホルダと、

砥粒を内部に有する固定砥粒により基板の表面を機械的作用を含む加工方法で研磨する固定砥粒加工部と、加工電極を有し、前記加工電極と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部とを個別に備えた加工テーブルと、

基板と前記加工テーブルとを相対運動させる駆動部と、

基板と前記加工電極の間、及び基板と前記固定砥粒の間に液体を供給する液体供給手段を備えたことを特徴とする複合加工装置。

【請求項 10】 基板の表面を機械的作用を含む加工方法で加工する機械的加工部と、イオン交換体を備えた加工電極を有し、該イオン交換体を基板に接触させつつ前記加工電極と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部とを個別に備え、基板と前記機械的加工部及び前記加工電極とを相対移動させて基板表面の加工を行うことを特徴とする複合加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複合加工装置及び方法に係り、特に半導体ウエハ等の基板表面に設けた配線用の微細な凹部に埋込んだ銅等の導電体（導電性材料）の表面を平坦化して埋込み配線を形成するのに使用される複合加工装置および方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体ウエハ等の基板上に回路を形成するための配線材料として、アルミニウム又はアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅（Cu）を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋め込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、化学気相成長法（CVD: Chemical Vapor Deposition）、スパッタリング及びめっきといった手法があるが、

いずれにしても、基板のほぼ全表面に銅を成膜して、化学機械的研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）により不要の銅を除去するようにしている。

【0003】

図1（a）乃至図1（c）は、この種の銅配線基板Wの一製造例を工程順に示すものである。図1（a）に示すように、半導体素子が形成された半導体基材1上の導電層1aの上にSiO₂からなる酸化膜やlow-k材膜などの絶縁膜2が堆積され、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3と配線用の溝4が形成されている。これらの上にTa₂N₅等からなるバリア膜5、更にその上に電解めっきの給電層としてスパッタリングやCVD等によりシード層7が形成されている。

【0004】

そして、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、図1（b）に示すように、半導体基材1のコンタクトホール3及び溝4内に銅を充填するとともに、絶縁膜2上に銅膜6を堆積する。その後、化学機械的研磨（CMP）により、絶縁膜2上の銅膜6及びシード層7を除去して、コンタクトホール3及び配線用の溝4に充填させた銅膜6の表面と絶縁膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図1（c）に示すように銅膜6からなる配線が形成される。

【0005】

また、最近ではあらゆる機器の構成要素において微細化かつ高精度化が進み、サブミクロン領域での物作りが一般的となるにつれて、加工法自体が材料の特性に与える影響は益々大きくなっている。このような状況下においては、従来の機械加工のように、工具が被加工物を物理的に破壊しながら除去していく加工方法では、加工によって被加工物に多くの欠陥を生み出してしまうため、被加工物の特性が劣化してしまう。したがって、いかに材料の特性を損なうことなく加工を行うことができるかが問題となってくる。

【0006】

この問題を解決する手段として開発された特殊加工法に、化学研磨や電解加工、電解研磨がある。これらの加工方法は、従来の物理的な加工とは対照的に、化学的溶解反応を起こすことによって、除去加工等を行うものである。したがって

、塑性変形による加工変質層や転位等の欠陥は発生せず、上述の材料の特性を損なわずに加工を行うといった課題が達成される。

【0007】

電解加工として、イオン交換体を使用したものが開発されている。これは、被加工物の表面に、加工電極に取付けたイオン交換体と、給電電極に取付けたイオン交換体とを接触乃至近接させ、加工電極と給電電極との間に電源を介して電圧を印加しつつ、加工電極及び給電電極と被加工物との間に液体供給手段から超純水等の液体を供給して、被加工物の表面層の除去加工を行うようにしたものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のイオン交換体を用いた電解加工では、イオン交換体で被加工物の取込みを行っており、このため、イオン交換体の内部に取込まれる被加工物の単位時間当たりの取込み量に限界があるばかりでなく、イオン交換体の再生や取換え作業等が必要となって、スループットが低下してしまう。また、例えば、イオン交換体と電極（加工電極及び給電電極）を用いた銅膜の電解加工（研磨）では、イオン交換体が直接銅を取込むと考えられているが、電解加工中、銅膜表面に CuOH や CuO 等の不動態膜が形成されることがあり、この不動態膜は物理的に柔らかく、かつ非導電性のため、電解加工では除去効率が悪い。更に、被加工物の種類や加工条件などによっては、加工した面にピット（微小な穴）が形成されることがあるといった問題があった。

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、例えば銅膜等の導電膜を、低面圧かつ高レートで、例えばピットの発生を効果的に防止しつつ、確実に加工できるようにした複合加工装置及び方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、基板を保持する基板ホルダと、基板の表面を機械的作用を含む加工方法で加工する機械的加工部と、イオン交換体を備えた加工電極

を有し、該イオン交換体を基板に接触させつつ前記加工電極と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部とを個別に備えた加工テーブルと、基板と前記加工電極の間、及び基板と前記機械的加工部の間に液体を供給する液体供給手段と、基板と前記加工テーブルとを相対移動させる駆動部を備えたことを特徴とする複合加工装置である。

【0011】

これにより、電解加工部による加工で基板の表面に形成された、物理的に柔らかく、かつ非導電性の不動態膜を機械的加工部で削り落とし、再び電解加工での加工を連続で繰り返すことで、低面圧、高レートでの加工が可能となる。また、機械的加工部で基板表面を機械的に加工することで、基板の表面に付着した気泡も不動態膜と同時に除去して、気泡の付着に伴うピットの発生を防止することができる。

【0012】

請求項2に記載の発明は、基板と前記加工テーブルが相対移動する時、前記加工電極が前記基板ホルダで保持された基板の被加工部位を通過し、該被加工部位を前記機械的加工部が続けて通過することを特徴とする請求項1記載の複合加工装置である。これにより、電解加工部による電解加工と機械的加工部による機械的加工とを、交互かつ連続して行うことができる。

【0013】

請求項3に記載の発明は、前記加工電極に続けて前記機械的加工部が基板の被加工部位を通過する時間は、1秒以内に設定されていることを特徴とする請求項2記載の複合加工装置である。これにより、例えば電解加工部の加工電極で基板の表面に形成された不動態膜を、機械的加工部による機械的加工で素早く除去して、基板の表面を平坦化することができる。

【0014】

請求項4に記載の発明は、前記機械的加工部は、固定砥粒からなる加工面を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の複合加工装置である。これにより、加工液として砥粒を含んだスラリーを必要とせず純水のみを用いて、電解加工部による電解加工と機械的加工部による機械的加工を同時に行って、

電解加工と固定砥粒による機械的加工の両方のメリットを得ることができ、基板の洗浄などの後処理、排液処理が容易になる。

【0015】

請求項5に記載の発明は、前記機械的加工部は、研磨パッドからなる加工面と、該加工面にスラリーを供給するスラリー供給部を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の複合加工装置である。

請求項6に記載の発明は、前記加工テーブルには、前記加工電極と基板に給電する給電電極とが交互かつ所定間隔離間して配置され、前記加工電極を挟む位置に前記機械的加工部が配置されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の複合加工装置である。

【0016】

請求項7に記載の発明は、前記加工テーブルは、スクロール運動を行うことを特徴とする請求項6記載の複合加工装置である。

請求項8に記載の発明は、前記加工テーブルは円板状に形成され、前記加工電極は、半径方向に延びて、前記給電電極は、該加工電極を挟む両側にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の複合加工装置である。

【0017】

請求項9に記載の発明は、基板を保持する基板ホルダと、砥粒を内部に有する固定砥粒により基板の表面を機械的作用を含む加工方法で研磨する固定砥粒加工部と、加工電極を有し、前記加工電極と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部とを個別に備えた加工テーブルと、基板と前記加工テーブルとを相対運動させる駆動部と、基板と前記加工電極の間、及び基板と前記固定砥粒の間に液体を供給する液体供給手段を備えたことを特徴とする複合加工装置である。

【0018】

請求項10に記載の発明は、基板の表面を機械的作用を含む加工方法で加工する機械的加工部と、イオン交換体を備えた加工電極を有し、該イオン交換体を基板に接触させつつ前記加工電極と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部とを個別に備え、基板と前記機械的加工部及び前記加工電極とを相対移動

させて基板表面の加工を行うことを特徴とする複合加工方法である。

【0019】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図2は、本発明の第1の実施形態における複合加工装置を備えた基板処理装置の構成を示す平面図である。図2に示すように、この基板処理装置は、例えば、図1(b)に示すように、表面に導電体膜(被加工物)としての銅膜6を有する基板Wを収納したカセットを搬出入する搬出入部としての一对のロード・アンロード部30と、基板Wを反転させる反転機32と、複合加工装置34とを備えている。これらの機器は直列に配置されており、これらの機器の間で基板Wを搬送して授受する搬送装置としての搬送ロボット36がこれらの機器と平行に配置されている。また、複合加工装置34による加工の際に、後述する加工電極と給電電極との間に印加する電圧又はこれらの間を流れる電流をモニタするモニタ部38がロード・アンロード部30に隣接して配置されている。

【0020】

図3は、本発明の実施の形態における複合加工装置を模式的に示す平面図、図4は図3の縦断面図である。図3及び図4に示すように、この実施の形態における複合加工装置34は、上下動可能かつ水平面に沿って往復運動可能なアーム40と、アーム40の自由端に垂設されて、表面(被処理面)を下向き(フェイスダウン)にして基板Wを吸着保持する基板ホルダ42と、アーム40が取付けられる可動フレーム44と、矩形状の加工テーブル46と、加工テーブル46に備えられた下記の加工電極86及び給電電極88に接続される電源48とを備えている。この実施の形態では、加工テーブル46の大きさは、基板ホルダ42で保持する基板Wの外径よりも一回り大きな大きさに設定されている。

【0021】

可動フレーム44の上部には上下動用モータ50が設置されており、この上下動用モータ50には上下方向に延びるボールねじ52が連結されている。ボールねじ52にはアーム40の基部40aが取付けられており、上下動用モータ50の駆動に伴ってアーム40がボールねじ52を介して上下動するようになっている。

る。また、可動フレーム 44 自体も、水平方向に延びるボールねじ 54 に取付けられており、往復動用モータ 56 の駆動に伴って可動フレーム 44 及びアーム 40 が水平面に沿って往復運動するようになっている。

【0022】

基板ホルダ 42 は、アーム 40 の自由端に設置された自転用モータ 58 に接続されており、この自転用モータ 58 の駆動に伴って回転（自転）できるようになっている。また、上述したように、アーム 40 は上下動及び水平方向に往復運動可能となっており、基板ホルダ 42 はアーム 40 と一体となって上下動及び水平方向に往復運動可能となっている。

【0023】

また、加工テーブル 46 の下方には中空モータ 60 が設置されており、この中空モータ 60 の主軸 62 には、この主軸 62 の中心から偏心した位置に駆動端 64 が設けられている。加工テーブル 46 は、その中央において上記駆動端 64 に軸受（図示せず）を介して回転自在に連結されている。また、加工テーブル 46 と中空モータ 60 との間には、周方向に 3 つ以上の自転防止機構が設けられている。これによって、中空モータ 60 の駆動により加工テーブル 46 がスクロール運動（並進回転運動）を行うようになっている。

【0024】

図 5 (a) は、この実施の形態における自転防止機構を示す平面図、図 5 (b) は、図 5 (a) の A-A 線断面図である。図 5 (a) 及び図 5 (b) に示すように、加工テーブル 46 と中空モータ 60 との間には、周方向に 3 つ以上（図 5 (a) においては 4 つ）の自転防止機構 66 が設けられている。図 5 (b) に示すように、中空モータ 60 の上面と加工テーブル 46 の下面の対応する位置には、周方向に等間隔に複数の凹所 68, 70 が形成されており、これらの凹所 68, 70 にはそれぞれ軸受 72, 74 が装着されている。軸受 72, 74 には、距離 e だけずれた 2 つの軸体 76, 78 の一端部がそれぞれ挿入されており、軸体 76, 78 の他端部は連結部材 80 により互いに連結される。ここで、中空モータ 60 の主軸 62 の中心に対する駆動端 64 の偏心量も上述した距離 e と同じになっている。したがって、加工テーブル 46 は、中空モータ 60 の駆動に伴って

、主軸 62 の中心と駆動端 64 との間の距離 e を半径とした、自転を行わない公転運動、いわゆるスクロール運動（並進回転運動）を行うようになっている。

【0025】

次に、この実施の形態における加工テーブル 46 について説明する。図 3 に示すように、この実施の形態における加工テーブル 46 は、複数の機械的加工部 82 と、電解加工部 84 を構成する複数の加工電極 86 及び給電電極 88 を備えている。図 6 は、加工テーブル 46 の縦断面図である。図 6 に示すように、加工テーブル 46 は、平板状のベース 90 を備えており、このベース 90 の上面に、X 方向（図 3 参照）に沿って延びる複数の加工電極 86 と給電電極 88 が、所定間隔離間して交互に配置されている。そして、加工電極 86 を挟む給電電極 88 の両側に、X 方向（図 3 参照）に沿って延びる複数の機械的加工部 82 が配置されている。各加工電極 86 の上面は、断面半円状のイオン交換体 92 で覆われている。

【0026】

前述の加工テーブル 46 のスクロール運動の回転半径 e は、この例では、加工電極 86 と給電電極 88 との距離 B に等しく、加工電極 86 と該加工電極 86 に隣接する機械的加工部 82 までの距離 S_1 よりも長く（ $B = e > S_1$ ）設定されている。これによって、加工電極 86 が通過したところを機械的加工部 82 が連続して通過できるようになっている。

【0027】

また、1つの加工電極 86 について考えると、電解加工においては、基板 W が加工電極 86 の表面のイオン交換体 92 と接触又は近接した範囲でのみ加工が行われ、加工電極 86 の端部には電界が集中するため、加工電極 86 の幅方向の端部付近の加工レートは中央付近に比べて高くなる。

【0028】

このように、1つの加工電極 86 において加工量のバラツキが生じるが、この実施の形態では、上述したように、加工テーブル 46 をスクロール運動させ、基板 W と加工電極 86 とを Y 方向（図 3 参照）に往復相対運動させることにより、この加工量のバラツキを抑えている。つまり、スクロール運動によって加工量の

バラツキを少なくすることができるものの、完全にバラツキをなくすことはできない。

【0029】

この実施の形態では、上述したスクロール運動（第1の相對運動）に加えて、電解加工中に基板ホルダ42をY方向（図3参照）に所定の距離だけ移動させて、基板Wと加工電極86との間で第2の相對運動を行うことにより、上述した加工量のバラツキをなくしている。すなわち、スクロール運動（第1の相對運動）のみを行った場合には、基板WのY方向に沿って加工量に差が生じ、同一形状の加工量分布が、加工電極86のピッチP（図6参照）ごとに現れるが、電解加工中に、往復動用モータ56を駆動させてアーム40及び基板ホルダ42をY方向にピッチPの整数倍だけ移動させて、基板Wと加工電極86との間で第2の相對運動を行くことで、基板Wの全面を均一に加工することが可能となる。この場合において、第2の相對運動の移動速度は一定であることが好ましい。

【0030】

ここで、上述した第2の相對運動を繰り返し、基板Wを加工電極86に対してY方向に往復運動させてもよい。この場合において、往路と復路の移動距離はともに上述したピッチPの整数倍とする必要があるが、往路の移動距離と復路の移動距離を必ずしも等しくする必要はなく、互いに異なってもよい。例えば、往路の移動距離をピッチPの2倍とし、復路の移動距離をピッチPの等倍としてもよい。

【0031】

前記イオン交換体92は、例えば、アニオン交換基又はカチオン交換基を付与した不織布で構成されている。カチオン交換体は、好ましくは強酸性カチオン交換基（スルホン酸基）を担持したものであるが、弱酸性カチオン交換基（カルボキシル基）を担持したものでもよい。また、アニオン交換体は、好ましくは強塩基性アニオン交換基（4級アンモニウム基）を担持したものであるが、弱塩基性アニオン交換基（3級以下のアミノ基）を担持したものでもよい。また、イオン交換体92の素材の材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン系高分子、又はその他有機高分子が挙げられる。また素材形態としては、

不織布の他に、織布、シート、多孔質材、短繊維等が挙げられる。また、イオン交換体 92 の内部に C 膜（不織布イオン交換体）を配置して弾性を高めてもよい。

【0032】

ここで、例えば強塩基アニオン交換能を付与した不織布は、繊維径 20～50 μm で空隙率が約 90% のポリオレフィン製の不織布に、 γ 線を照射した後グラフト重合を行ういわゆる放射線グラフト重合法により、グラフト鎖を導入し、次に導入したグラフト鎖をアミノ化して第 4 級アンモニウム基を導入して作製される。導入されるイオン交換基の容量は、導入するグラフト鎖の量により決定される。グラフト重合を行うためには、例えばアクリル酸、スチレン、メタクリル酸グリシジル、更にはスチレンスルホン酸ナトリウム、クロロメチルスチレン等のモノマーを用い、これらのモノマー濃度、反応温度及び反応時間を制御することで、重合するグラフト量を制御することができる。したがって、グラフト重合前の素材の重量に対し、グラフト重合後の重量の比をグラフト率と呼ぶが、このグラフト率は、最大で 500% が可能であり、グラフト重合後に導入されるイオン交換基は、最大で 5 meq/g が可能である。

【0033】

強酸性カチオン交換能を付与した不織布は、上記強塩基性アニオン交換能を付与する方法と同様に、繊維径 20～50 μm で空隙率が約 90% のポリオレフィン製の不織布に、 γ 線を照射した後グラフト重合を行ういわゆる放射線グラフト重合法により、グラフト鎖を導入し、次に導入したグラフト鎖を、例えば加熱した硫酸で処理してスルホン酸基を導入して作製される。また、加熱したリン酸で処理すればリン酸基が導入できる。ここでグラフト率は、最大で 500% が可能であり、グラフト重合後に導入されるイオン交換基は、最大で 5 meq/g が可能である。

【0034】

なお、イオン交換体 92 の素材の材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン系高分子、又はその他有機高分子が挙げられる。また素材形態としては、不織布の他に、織布、シート、多孔質材、短繊維等が挙げられる。

。ここで、ポリエチレンやポリプロピレンは、放射線（ γ 線と電子線）を先に素材に照射する（前照射）ことで、素材にラジカルを発生させ、次にモノマーと反応させてグラフト重合することができる。これにより、均一性が高く、不純物が少ないグラフト鎖ができる。一方、その他の有機高分子は、モノマーを含浸させ、そこに放射線（ γ 線、電子線、紫外線）を照射（同時照射）することで、ラジカル重合することができる。この場合、均一性に欠けるが、ほとんどの素材に適用できる。

【0035】

このように、イオン交換体 92 をアニオン交換能又はカチオン交換能を付与した不織布で構成することで、純水又は超純水や電解液等の液体が不織布の内部を自由に移動して、不織布内部の水分解触媒作用を有する活性点に容易に到達することが可能となって、多くの水分子が水素イオンと水酸化物イオンに解離される。更に、解離によって生成した水酸化物イオンが純水又は超純水や電解液等の液体の移動に伴って効率良く加工電極 86 の表面に運ばれるため、低い印加電圧でも高電流が得られる。

【0036】

この実施の形態では、加工電極 86 は電源 48 の陰極に、給電電極 88 は電源 48 の陽極にそれぞれ接続されている。これは、例えば、銅を加工する場合においては、陰極側に電解加工作用が生じるためであり、加工材料によっては、給電電極に電源の陰極が、加工電極に陽極がそれぞれ接続される。すなわち、被加工材料が、例えば銅やモリブデン、鉄である場合には、陰極側に電解加工作用が生じるため、電源の陰極に接続した電極が加工電極となり、陽極に接続した電極が給電電極となる。一方、被加工材料が例えばアルミニウムやシリコンである場合には、陽極側で電解加工作用が生じるため、電源の陽極に接続した電極が加工電極となり、陰極に接続した電極が給電電極となる。

【0037】

このように、加工電極 86 と給電電極 88 とを加工テーブル 46 と直交する Y 方向（図 3 参照）に交互に設けることで、基板 W の導電体膜（被加工物）に給電を行う給電部を設ける必要がなくなり、基板 W の全面的加工が可能となる。また

、加工電極 86 と給電電極 88 間に印加される電圧の正負をパルス状に変化させることで、電解生成物を溶解させ、加工の繰り返しの多重性によって平坦度を向上させることができる。

【0038】

ここで、加工電極 86 及び給電電極 88 は、電解反応により、酸化又は溶出が一般に問題となる。このため、電極の素材として、電極に広く使用されている金属や金属化合物よりも、炭素、比較的不活性な貴金属、導電性酸化物又は導電性セラミックスを使用することが好ましい。この貴金属を素材とした電極としては、例えば、下地の電極素材にチタンを用い、その表面にめっきやコーティングで白金又はイリジウムを付着させ、高温で焼結して安定化と強度を保つ処理を行ったものが挙げられる。セラミックス製品は、一般に無機物質を原料として熱処理によって得られ、各種の非金属・金属の酸化物・炭化物・窒化物などを原料として、様々な特性を持つ製品が作られている。この中に導電性を持つセラミックスもある。電極が酸化すると電極の電気抵抗値が増加し、印加電圧の上昇を招くが、このように、白金などの酸化しにくい材料やイリジウムなどの導電性酸化物で電極表面を保護することで、電極素材の酸化による導電性の低下を防止することができる。

【0039】

図 6 に示すように、加工テーブル 46 のベース 90 の内部には、基板 W の表面（被加工面）に加工液としての純水、より好ましくは超純水を供給するための流路 94 が形成されており、この流路 94 は純水供給管 96 を介して純水供給源（図示せず）に接続されている。また、加工電極 86 の内部には、流路 94 に連通する貫通孔 86a が形成されており、この貫通孔 86a を介して純水、より好ましくは超純水（加工液）がイオン交換体 92 の内部に供給される。

【0040】

ここで、純水は、例えば電気伝導度（1 atm、25℃換算、以下同じ）が $10\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水であり、超純水は、例えば電気伝導度が $0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水である。このように電解質を含まない純水又は超純水を使用して電解加工を行うことで、基板 W の表面に電解質等の余分な不純物が付着したり、残留し

たりすることをなくすことができる。更に、電解によって溶解した銅イオン等が、イオン交換体 92 にイオン交換反応で即座に捕捉されるため、溶解した銅イオン等が基板 W の他の部分に再度析出したり、酸化されて微粒子となり基板 W の表面を汚染したりすることがない。

【0041】

なお、純水又は超純水の代わりに電気伝導度 $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体や、任意の電解液、例えば純水又は超純水に電解質を添加した電解液を使用してもよい。更に、純水又は超純水の代わりに、純水又は超純水に界面活性剤等を添加して、電気伝導度が $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、好ましくは、 $50\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、更に好ましくは、 $0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下（比抵抗で $10\ \text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上）にした液体を使用してもよい。

【0042】

一方、機械的加工部 82 の上面には、この例では、固定砥粒からなる固定砥粒定盤 100 が貼着され、この固定砥粒定盤 100 の表面を加工面（研磨面）100a となすようになっている。ここで、固定砥粒は、例えばセリアやシリカ等の砥粒を、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂、MBS や ABS 等のコアシェル型樹脂等のバインダ中に固定し、金型で板状に成形したものである。この砥粒とバインダと空孔率の比率は、例えば、砥粒：バインダ：空孔率＝10～50％：30～80％：0～40％（境界値を含む）である。固定砥粒の別形態としては、可撓性のシートの上に砥粒をバインダで薄く固着させたものなどを用いてもよい。

【0043】

このような固定砥粒定盤 100 は、硬質の加工面 100a を構成しており、傷（スクラッチ）の発生を防止しつつ、安定した研磨速度が得られ、しかも砥粒を含まない純水、または純水に界面活性剤等の添加剤を添加した液体を供給して加工（化学機械的研磨）を行うことで、高価で取扱いが面倒な研磨液の使用量を削減することができる。

【0044】

ここで、加工に際して、基板に対向する全てのイオン交換体 92、給電電極 8

8及び固定砥粒定盤100の加工面100aが基板Wに均一に接触することが理想的である。このため、給電電極88の上面と固定砥粒定盤100の加工面100aとが同一平面となり、かつイオン交換体92の上端のなす平面より少し低くなるように設定されている。これにより、図7に示すように、基板Wをイオン交換体92に押し付けた後は、基板Wは給電電極88の上面及び固定砥粒定盤100の加工面100aに確実に接触し、しかも、基板Wをそれ以上押し付けようとしても、その押圧力を給電電極88及び固定砥粒定盤100が受けるので、基板Wとイオン交換体92との接触面積は変化しない。このように、この実施の形態では、基板Wが傾くことが防止され、イオン交換体92の接触面積が均一になるので、均一な加工を実現することができる。

【0045】

次に、この基板処理装置を用いた基板処理について説明する。まず、例えば、図1(b)に示すように、表面に導電体膜（被加工部）として銅膜6を形成した基板Wを収納したカセットをロード・アンロード部30にセットし、このカセットから1枚の基板Wを搬送ロボット36で取り出す。搬送ロボット36は、取り出した基板Wを必要に応じて反転機32に搬送し、基板Wの導電体膜（銅膜6）を形成した表面が下を向くように反転させる。

【0046】

搬送ロボット36は反転させた基板Wを受け取り、これを複合加工装置34に搬送し、基板ホルダ42に吸着保持させる。そして、アーム40を揺動させて基板Wを保持した基板ホルダ42を加工テーブル46の直上方の加工位置まで移動させる。次に、上下動用モータ50を駆動して基板ホルダ42を下降させ、この基板ホルダ42で保持した基板Wを加工テーブル46のイオン交換体92の表面に接触させ、更に下降させて、イオン交換体92の上部を潰しながら、給電電極88の上面及び固定砥粒定盤100の加工面100aに接触させる。

【0047】

この状態で、自転用モータ58を駆動して基板Wを回転させながら、中空モータ60を駆動して加工テーブル46をスクロール運動させ、同時に往復動用モータ56を駆動して基板Wを往復運動させる。このとき、加工電極86の貫通孔8

6 a を通じて、純水又は超純水をイオン交換体 9 2 に供給し、これによって、イオン交換体 9 2 に純水又は超純水を含ませ、更に基板ホルダ 4 2 で保持した基板 W と加工テーブル 4 6 との間に純水又は超純水を満たす。この純水又は超純水は、ベース 9 0 の端部から外部に排出される。

【0048】

そして、電源 4 8 により加工電極 8 6 と給電電極 8 8 との間に所定の電圧を印加し、イオン交換体 9 2 により生成された水素イオン又は水酸化物イオンによって、加工電極（陰極）8 6 において、基板 W の表面の導電体膜（銅膜 6）の電解加工を行う。このとき、加工電極 8 6 と対面する部分において加工が進行するが、基板 W と加工電極 8 6 とを相対移動させることにより基板 W の全面の加工を行っている。同時に、機械的加工部 8 2 を基板 W の表面の擦り付けることで、純水又は超純水の存在下で、基板 W の表面の導電体膜（銅膜 6）に固定砥粒による機械的加工を施す。

【0049】

イオン交換体と電極（加工電極及び給電電極）を用いた銅膜の電解加工（研磨）では、イオン交換体が直接銅を取込むと考えられているが、電解加工中、銅膜表面に CuOH や CuO 等の不動態膜が形成されることがあり、この不動態膜は物理的に柔らかく、かつ非導電性のため、電解加工のみでは除去できないばかりでなく、加工した面にピット（微小な穴）が形成されることがある。この実施の形態の複合加工装置によれば、不動態膜が形成されても、固定砥粒を用いた機械的加工部で不動態膜を削り落とし、再び電解加工での加工を連続して繰返すことができ、これによって、低面圧、高レート of 加工が可能となるばかりでなく、より平坦な被加工面を得ることができる。更に、機械的加工部により不動態膜だけでなく、基板に付着した、ピット発生の原因となると考えられる気泡も除去することができる。

【0050】

この加工中には、加工電極 8 6 と給電電極 8 8 との間に印加する電圧、又はこの間を流れる電流をモニタ部 3 8 でモニタして、エンドポイント（加工終点）を検知する。すなわち、同じ電圧（電流）を印加した状態で電解加工を行うと、材

料によって流れる電流（印加される電圧）に違いが生じる。例えば、図 8（a）に示すように、表面に材料 B と材料 A とを順次成膜した基板 W の該表面に電解加工を施したときに流れる電流をモニタすると、材料 A を電解加工している間は一定の電流が流れるが、異なる材料 B の加工に移行する時点で流れる電流が変化する。同様に、加工電極と給電電極との間に印加される電圧にあっても、図 8（b）に示すように、材料 A を電解加工している間は一定の電圧が印加されるが、異なる材料 B の加工に移行する時点で印加される電圧が変化する。なお、図 8（a）は、材料 B を電解加工するときの方が、材料 A を電解加工するときよりも電流が流れにくくなる場合を、図 8（b）は、材料 B を電解加工するときの方が、材料 A を電解加工するときよりも電圧が高くなる場合の例を示している。これにより、この電流又は電圧の変化をモニタすることでエンドポイントを確実に検知することができる。

【0051】

なお、モニタ部 38 で加工電極と給電電極との間に印加する電圧、又はこの間を流れる電流をモニタして加工終点を検知するようにした例を説明したが、このモニタ部 38 で、加工中の基板の状態の変化をモニタして、任意に設定した加工終点を検知するようにしてもよい。この場合、加工終点は、被加工面の指定した部位について、所望の加工量に達した時点、又は加工量と相関関係を有するパラメータが所望の加工量に相当する量に達した時点を指す。このように、加工の途中においても、加工終点を任意に設定して検知できるようにすることで、多段階プロセスでの電解加工が可能となる。

【0052】

例えば、基板が異材料に達したときに生じる摩擦係数の違いによる摩擦力の変化や、基板の表面の凹凸を平坦化する際、凹凸を除去したことにより生じる摩擦力の変化等を検出することで加工量を判断し、加工終点を検出することとしてもよい。また、被加工面の電気抵抗による発熱や、加工面と被加工面との間に液体（純水）の中を移動するイオンと水分子の衝突による発熱が生じ、例えば基板の表面に堆積した銅膜を定電圧制御で電解研磨する際には、電解加工が進み、バリア層や絶縁膜が露出するのに伴って、電気抵抗が大きくなり電流値が小さくなっ

て発熱量が順に減少する。したがって、この発熱量の変化を検出することで加工量を判断し、加工終点を検出することとしてもよい。あるいは、異材料に達した時に生じる反射率の違いによる反射光の強度の変化を検出して、基板上の被加工膜の膜厚を検知し、これにより加工終点を検出してもよい。また、銅膜等の導電性膜の内部にうず電流を発生させ、基板の内部を流れるうず電流をモニタし、例えば周波数の変化を検出して、基板上の被加工膜の膜厚を検知し、これにより加工終点を検出してもよい。更に、電解加工にあっては、加工電極と給電電極との間を流れる電流値で加工レートが決まり、加工量は、この電流値と加工時間の積で求められる電気量に比例する。したがって、電流値と加工時間の積で求められる電気量を積算し、この積算値が所定の値に達したことを検出することで加工量を判断し、加工終点を検出してもよい。

【0053】

電解加工完了後、電源48の接続を切り、基板ホルダ42の回転（自転）及び往復運動と加工テーブル46のスクロール運動を停止させ、しかる後、基板ホルダ42を上昇させ、アーム40を移動させて基板Wを搬送ロボット36に受け渡す。基板Wを受け取った搬送ロボット36は、必要に応じて反転機32に搬送して反転させた後、基板Wをロード・アンロード部30のカセットに戻す。

【0054】

ここで、イオン交換体92としては通水性に優れたものを使用することがより好ましい。純水又は超純水がイオン交換体92を通過するように流すことで、水の解離反応を促進させる官能基（強酸性陽イオン交換材料ではスルホン酸基）に十分な水を供給して水分子の解離量を増加させ、水酸化物イオン（もしくはOHラジカル）との反応により発生した加工生成物（ガスも含む）を水の流れにより除去して、加工効率を高めることができる。このような通水性を有する部材としては、例えば、通液性を有するスポンジ状の部材やナフィオン（デュポン社の商標）のような膜状部材に開孔を設けて通水性をもたせるようにしたものを使用することができる。

【0055】

このように、機械的加工部82として、内部に砥粒を含有する固定砥粒を用い

ることにより、スラリーを供給することなく、純水のみを供給することで機械的
加工部 82 による機械的研磨と電解加工部 84 による電解加工を行うことができ
、これによって、電解加工と固定砥粒による機械的加工の両方のメリットを得る
ことができ、基板の洗浄などの後処理、排液処理が容易になる。しかも固定砥粒
定盤 100 は、弾性変形しにくいため、基板の凸部のみに接触させて、微細な凹
凸パターンを有する被加工物の凸部を選択的に除去することができる。

【0056】

更に、電解加工部 84 と機械的加工部 82 を別個に設けることにより、イオン
交換体や固定砥粒、更には下記の研磨パッドなどの基板への接触部材として、電
解加工部と機械的加工部の各々に適した部材を用いることができる。また、加工
面全体における電解加工部と機械的加工部の比率を任意に変えることができるた
め、基板に作用する電解加工と機械的加工の比率を変えることができ、より平滑
な被加工面を得るために最適な装置構成にすることができる。

【0057】

図 9 は、本発明の他の実施の形態の複合加工装置の縦断面を、図 10 は、図 9
の加工テーブルの平面図を示す。この実施の形態の複合加工装置 34a の前述の
実施の形態の複合加工装置 34 と異なる点は、以下の通りである。

【0058】

すなわち、この例の実施の形態の複合加工装置 34a は、基板ホルダ 42 で保
持される基板 W の直径の 2 倍以上の直径を有し、中空モータ 162 の駆動に伴っ
て回転（自転）する加工テーブル 146 が備えられている。更に、加工テーブル
146 の上方に位置して、加工テーブル 146 の上面にスラリー（砥液）を供給
するスラリー供給部としての砥液ノズル 174 が配置されている。

【0059】

加工テーブル 146 は、円板状のベース 190 を備え、このベース 190 の上
面には、機械的加工部 182 と、電解加工部 184 を構成する加工電極 186 及
び給電電極 188 とが備えられており、スリップリング 178 を介して、電源 1
80 の陰極が加工電極 186 に、陽極が給電電極 188 にそれぞれ接続されるよ
うになっている。更にこの加工電極 186 の上面は、イオン交換体 192 で覆わ

れている。なお、この例では、給電電極 188 として、半径方向に沿って肉厚が一定の板状のものを使用しているが、扇状のものを使用してもよい。

【0060】

このイオン交換体 192 で覆われた加工電極 186 は、図 10 に示すように、ベース 190 の半径方向に延びる扇状の形状を有し、円周方向に沿った所定のピッチで複数（図では 3 個）配置されており、この加工電極 186 の両側に給電電極 188 が配置されている。そして、ベース 190 の上面の加工電極 186 及び給電電極 188 を除く全領域に、この例では、研磨パッド 200 からなり、この上面を加工面 200a とした機械的加工部 182 が設けられている。

【0061】

この加工電極 186 の面積は、機械的加工部 182 の面積より小さくなるように設定され、また加工電極 186 を挟んで給電電極 188 を配置することで、加工電極 186 のイオン交換体 192 が基板 W に接触した時、給電電極 188 が必ず基板 W の表面に接触して給電できるようになっている。なお、この例では、加工電極 188 で基板表面の研磨等の除去加工を行うことなく、基板表面を不動態膜化する加工（処理）を行うようになっている。

なお、市場で入手できる研磨パッド（研磨布）200 としては、例えば、ロデール社製の SUBA800、IC-1000 等が挙げられる。

【0062】

基板 W を保持し自転用モータ 58 の駆動に伴って回転する基板ホルダ 42 は、揺動アーム 144 の自由端に保持され、この揺動アーム 144 は、上下動用モータ 160 の駆動に伴ってボールねじ 162 を介して上下動し、揺動用モータ 164 の駆動に伴って回転する揺動軸 166 の上端に連結されている。

【0063】

この実施の形態にあつては、図 1 (b) に示す、表面に導電体膜（被加工部）として銅膜 6 を形成した基板 W を複合加工装置 34a の基板ホルダ 42 で吸着保持し、揺動アーム 144 を揺動させて基板ホルダ 42 を加工テーブル 146 の直上方の加工位置まで移動させる。次に、上下動用モータ 160 を駆動して基板ホルダ 42 を下降させ、この基板ホルダ 42 で保持した基板 W を加工テーブル 14

6のイオン交換体192、給電電極188及び研磨パッド200の加工面200aに接触させる。

【0064】

この状態で、電源180を接続して加工電極186と給電電極188との間に所定の電圧を印加するとともに、基板ホルダ42と加工テーブル146とを共に回転させる。同時に、砥液ノズル174を通じて加工テーブル146の上面にスラリー（砥液）を供給し、加工テーブル146と基板ホルダ42で保持した基板Wとの間にスラリーを満たす。これによって、スラリーの存在下、給電電極188で導電体膜に給電し、加工電極186を覆うイオン交換体192に当接する基板の導電体膜の表面に不動態膜を形成する加工（処理）を行い、更に、スラリーの存在下で研磨パッド200による機械的研磨を行うことで、この不動態膜を機械的に研磨除去する。そして、再び基板の導電体膜の表面に不動態膜を形成し、この不動態膜を研磨除去する加工を繰返す。これにより、基板表面の導電体膜の凸部のみに選択的に不動態膜を形成し、この不動態膜を選択的に除去することで、微細な凹凸パターンを有する被加工物（不動態膜）の凸部を選択的に除去することができる。

【0065】

そして、電解加工完了後、電源180の接続を切り、基板ホルダ42と加工テーブル146の回転を停止させるとともに、スラリーの供給を停止し、しかる後、基板ホルダ42を上昇させ、揺動アーム144を揺動させて基板Wを次工程に引き渡す。

また、上記実施の形態で、さらに加工テーブルの周りに桶を配置し、桶内に電極を配置して、電極部から供給された加工液（純水）で電極と基板を加工液に浸漬させた状態で加工するようにしてもよい。

【0066】

なお、本発明は、イオン交換体を用いた超純水電解加工に限られない。電解液を用いた電解加工の場合は、図4乃至図7において、各電極の上に例えばスポンジや、SUBA（ロデール社商標）などの通液性のスクラブ部材を配置し、また、各電極の間には通電を防止するために、絶縁性の部材を介在させる。

さらに、基板への給電方法として、上述した加工テーブル側に給電電極を備えなくても、基板ホルダから、基板のベベル部へ給電するようにしてもよい。その場合は、加工テーブルには加工電極が不要、もしくは加工テーブル側の電極を全て加工電極（陰極）とすることができる。

【0067】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【0068】

【発明の効果】

上述したように、本発明によれば、電解加工部による加工で基板の表面に形成された、物理的に柔らかく、かつ非導電性の不動態膜を機械的加工部で削り落とし、再び電解加工での加工を連続で繰返すことで、低面圧、高レート of 加工が可能となる。また、機械的加工部で加工することで、基板の表面に付着した気泡も不動態膜と同時に除去して、加工した面にピットが形成されることを確実に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

銅配線基板の一製造例を工程順に示す図である。

【図2】

本発明の第1の実施形態における複合加工装置を備えた基板処理装置の構成を示す平面図である。

【図3】

図2に示す基板処理装置の複合加工装置を模式的に示す平面図である。

【図4】

図3の縦断面図である。

【図5】

図5（a）は、図3の複合加工装置における自転防止機構を示す平面図、図5（b）は、図5（a）のA-A線断面図である。

【図 6】

図 3 の複合加工装置における要部を拡大して示す要部拡大図である。

【図 7】

図 3 の複合加工装置における加工時の要部を拡大して示す要部拡大図である。

【図 8】

図 8 (a) は、異なる材料を成膜した基板の表面に電解加工を施したときに流れる電流と時間の関係を、図 8 (b) は、同じく印加される電圧と時間の関係をそれぞれ示すグラフである。

【図 9】

本発明の第 2 の実施の形態における複合加工装置を模式的に示す断面図である。

。

【図 10】

図 9 の加工テーブルの平面図である。

【符号の説明】

- 30 ロード・アンロード部
- 34, 34a 複合加工装置
- 38 モニタ部
- 40 アーム
- 42 基板ホルダ
- 44 可動フレーム
- 46, 146 加工テーブル
- 48, 180 電源
- 60 中空モータ
- 62 主軸
- 64 駆動端
- 66 自転防止機構
- 68, 70 凹所
- 72, 74 軸受
- 76, 78 軸体

8 0 連結部材

8 2, 1 8 2 機械的加工部

8 4, 1 8 4 電解加工部

8 6, 1 8 6 加工電極

8 8, 1 8 8 給電電極

9 0, 1 9 0 ベース

9 2, 1 9 2 イオン交換体

9 4 流路

9 6 純水供給管

1 0 0 a 加工面

1 0 0 固定砥粒定盤

1 7 4 砥液ノズル

1 7 8 スリップリング

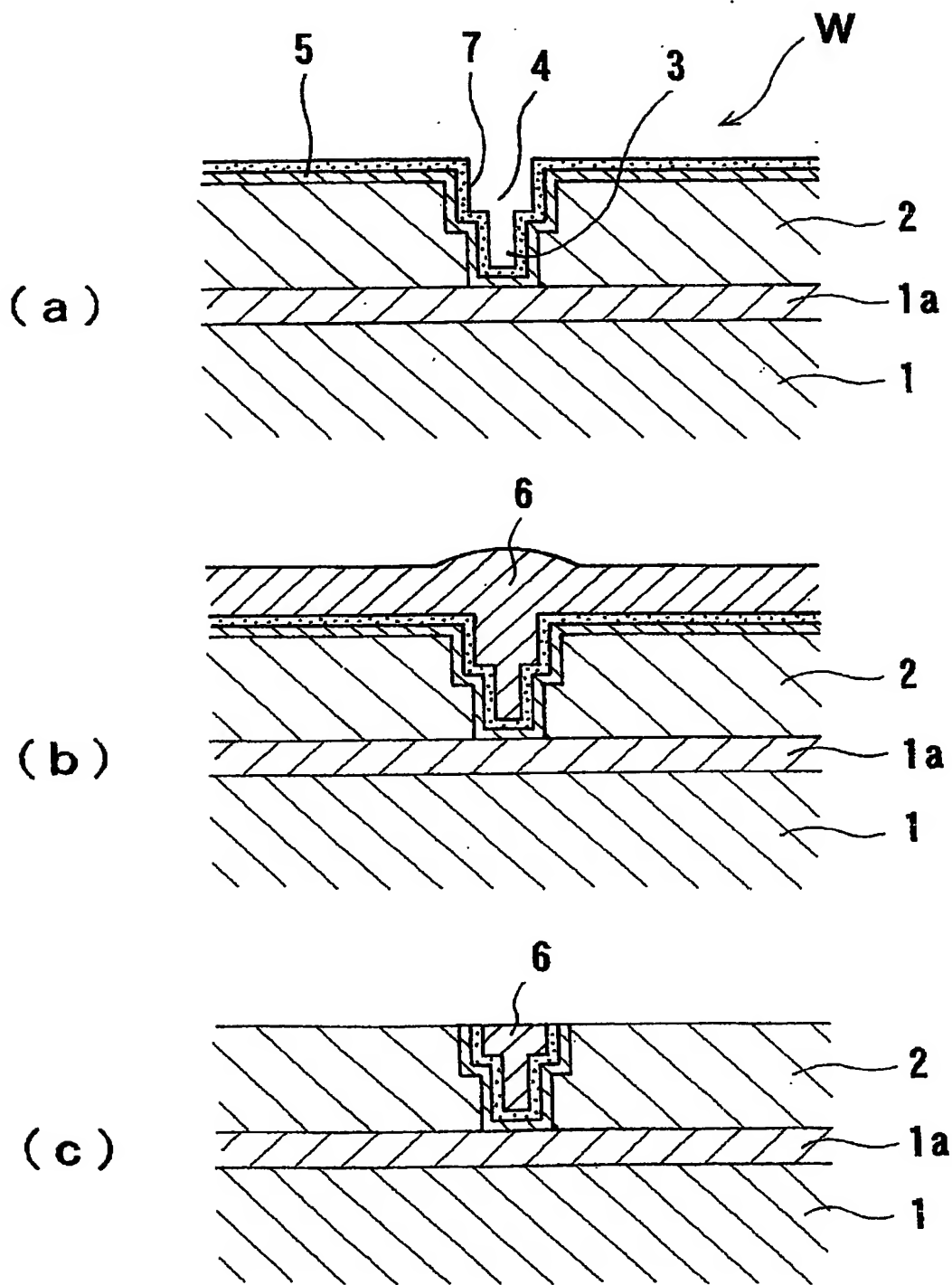
2 0 0 a 加工面

2 0 0 研磨パッド

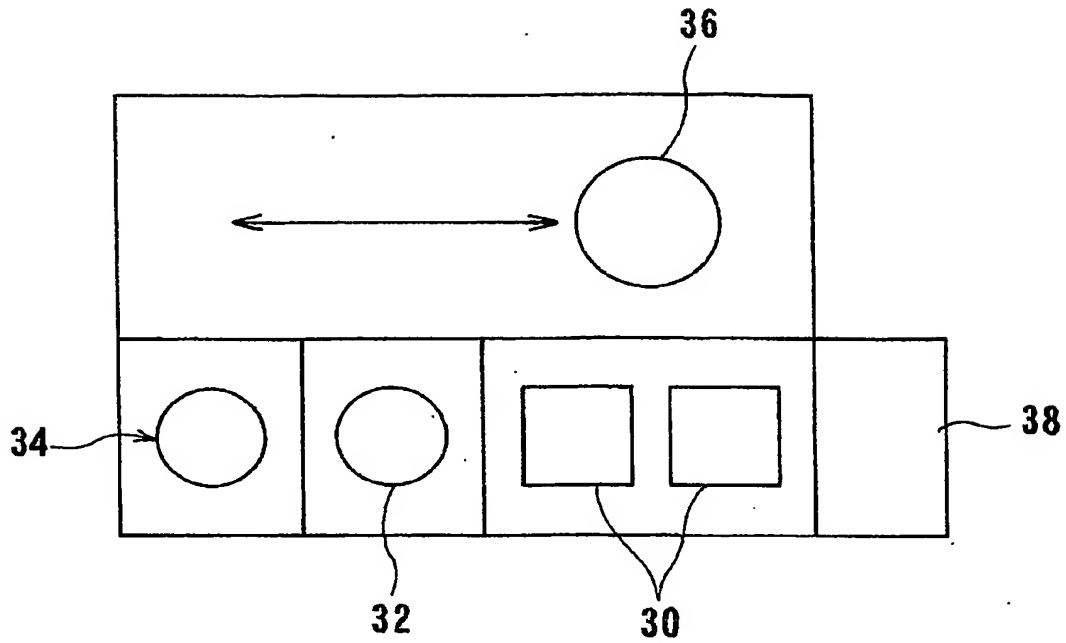
【書類名】

図面

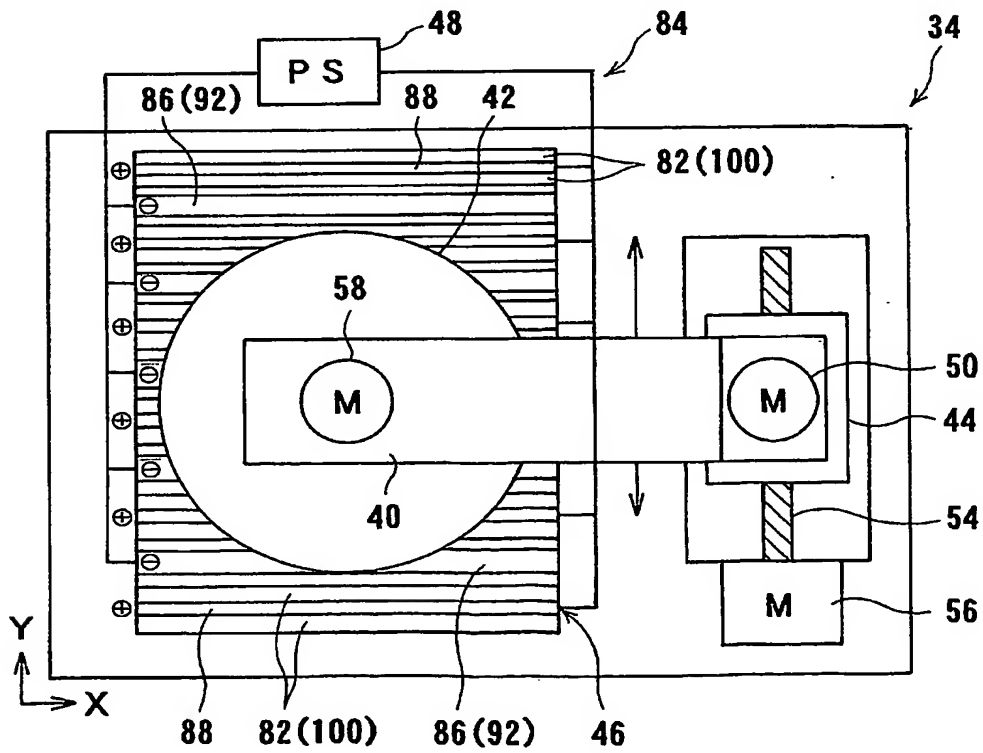
【図 1】



【図 2】

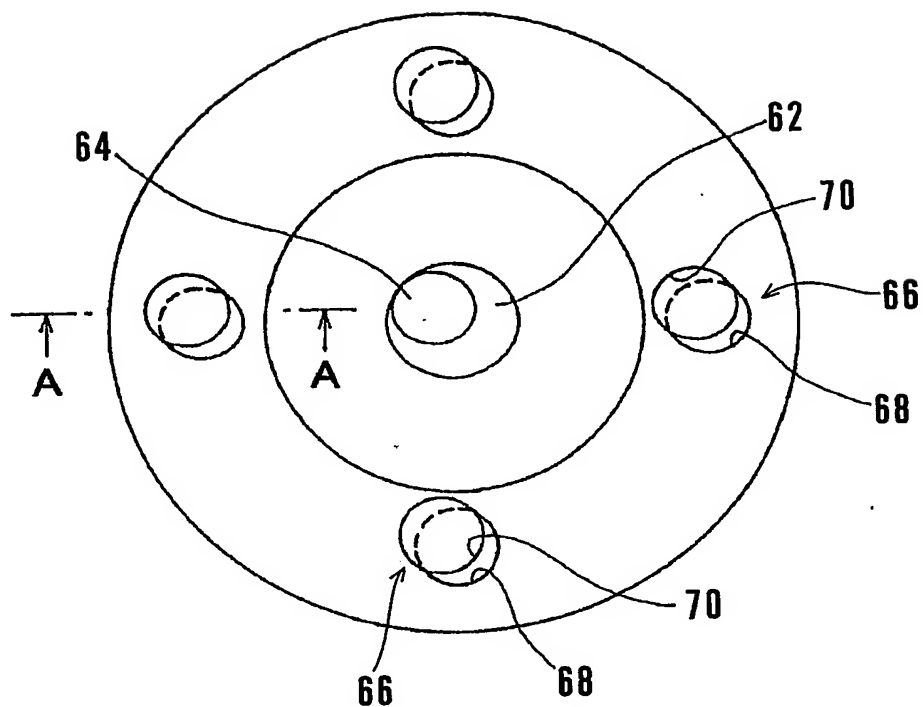


【図 3】

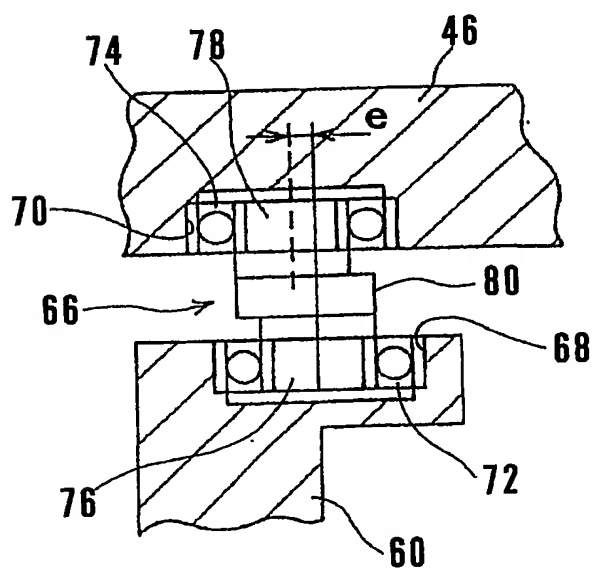


【図 5】

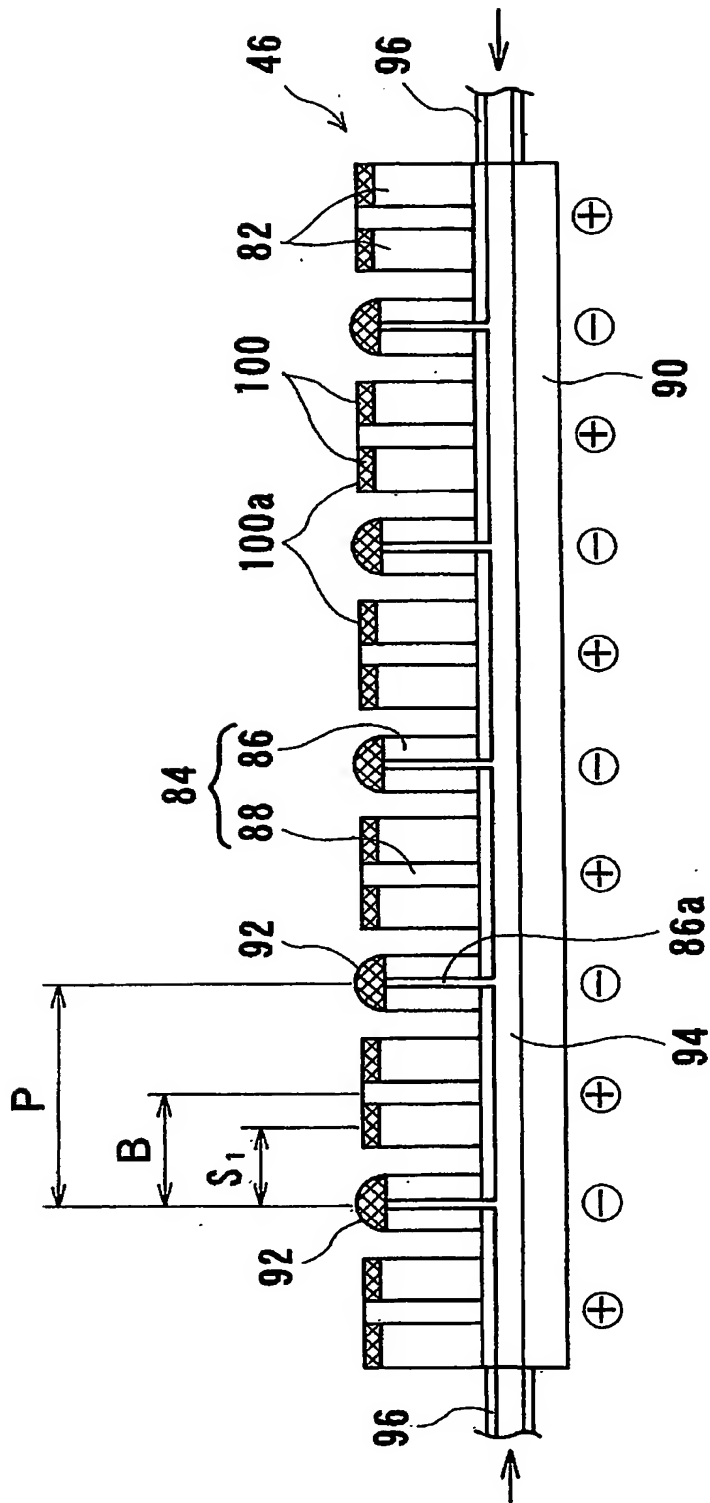
(a)



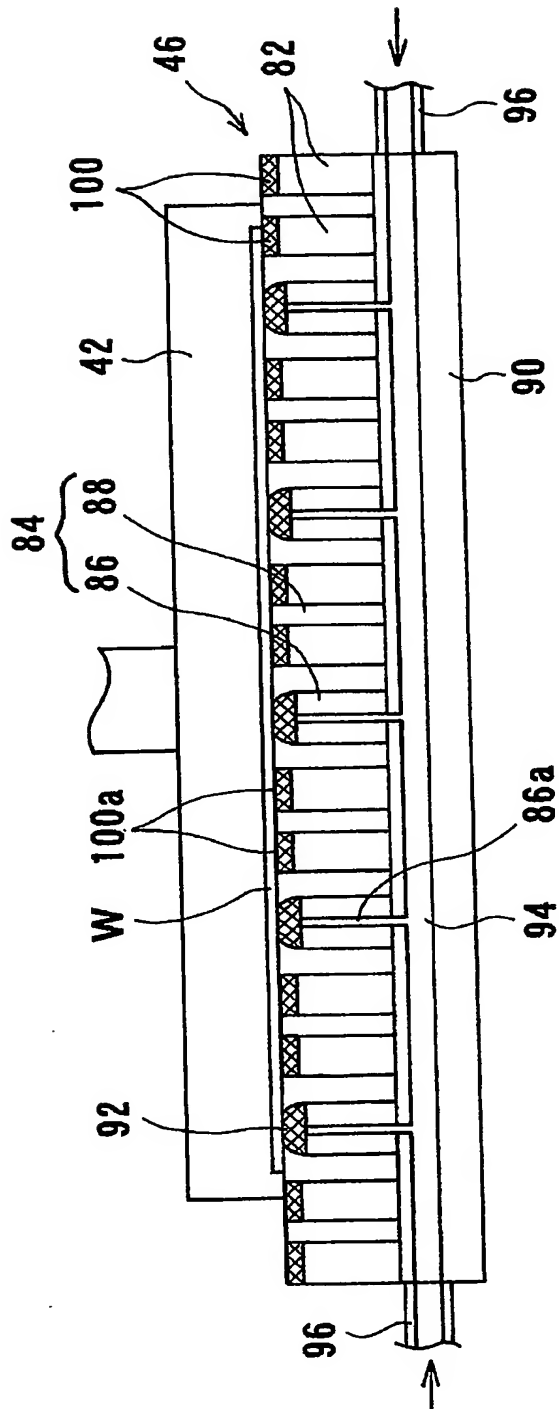
(b)



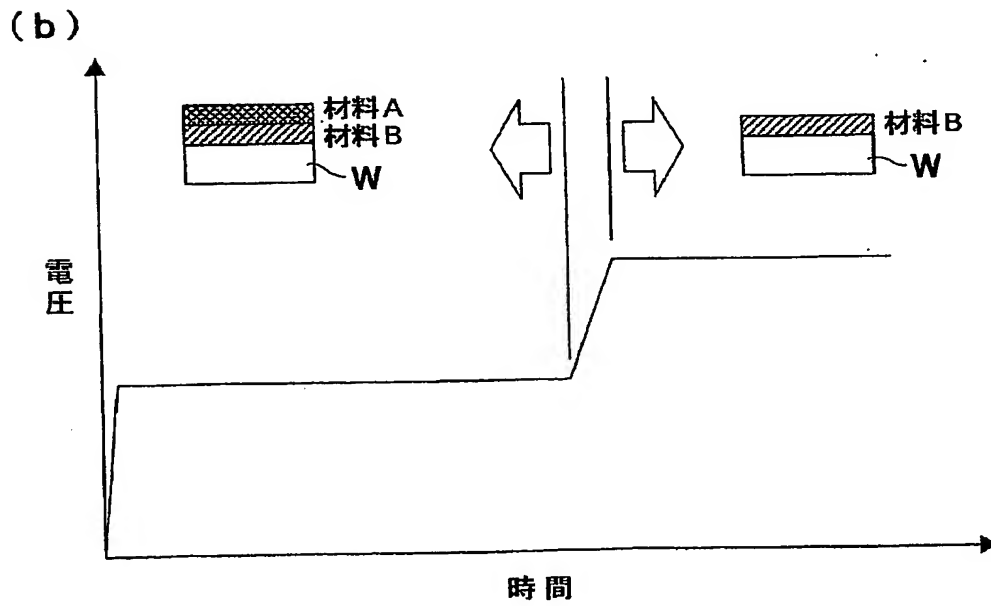
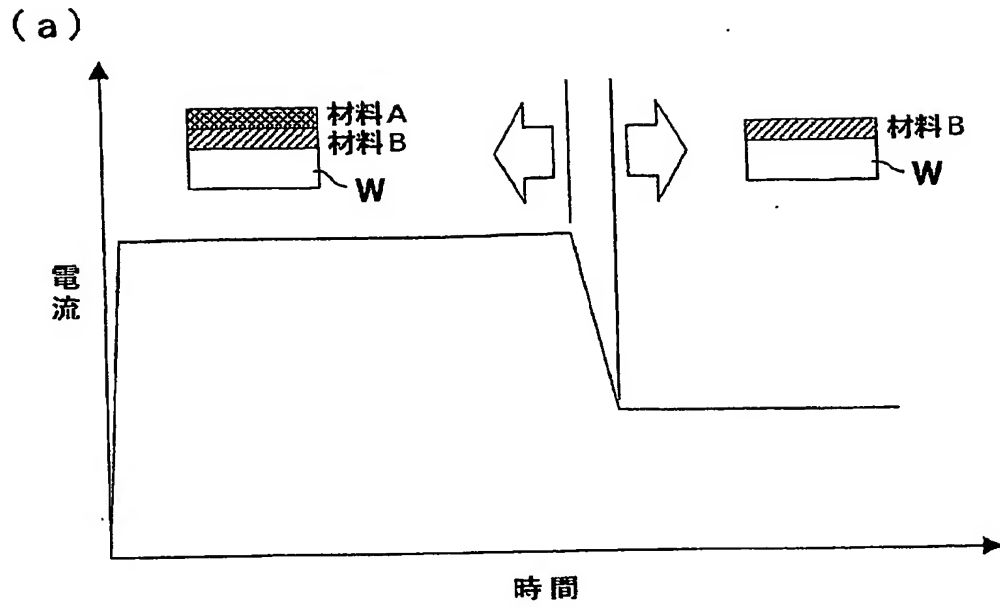
【図 6】



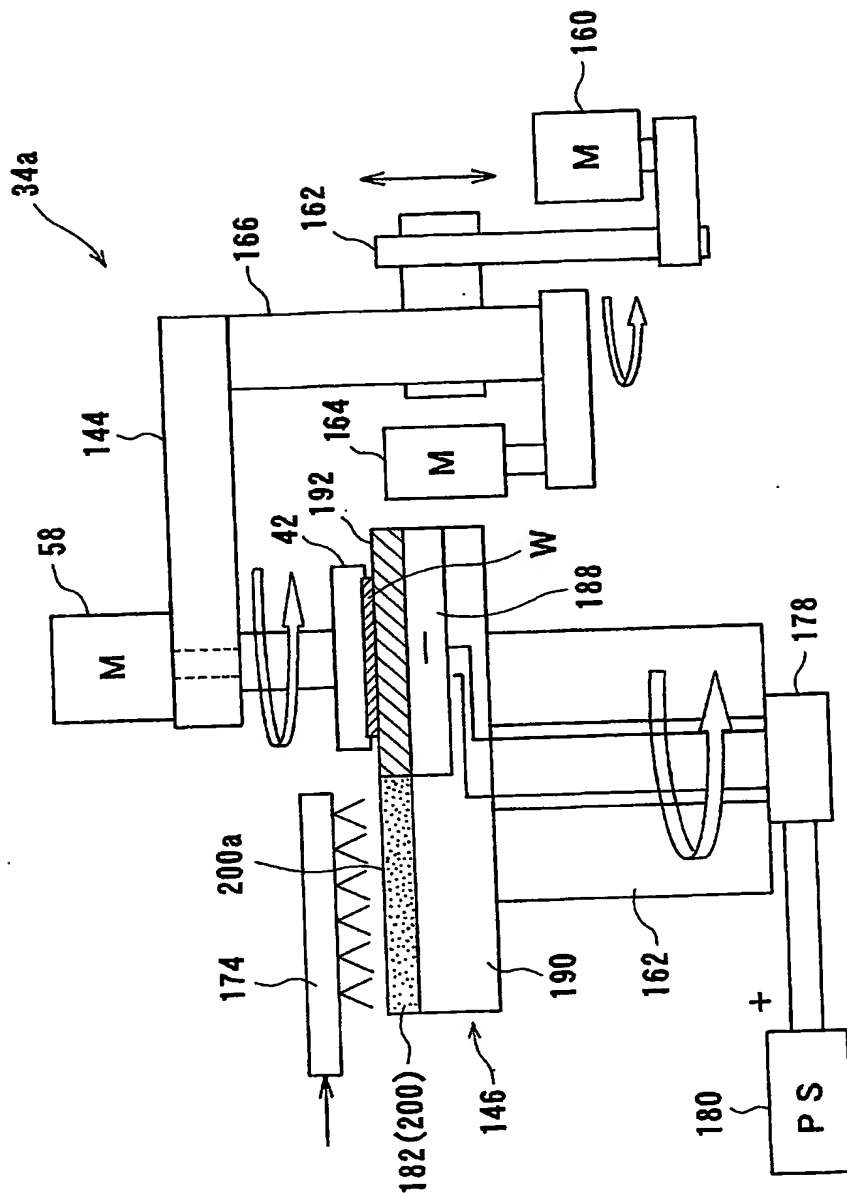
【図 7】



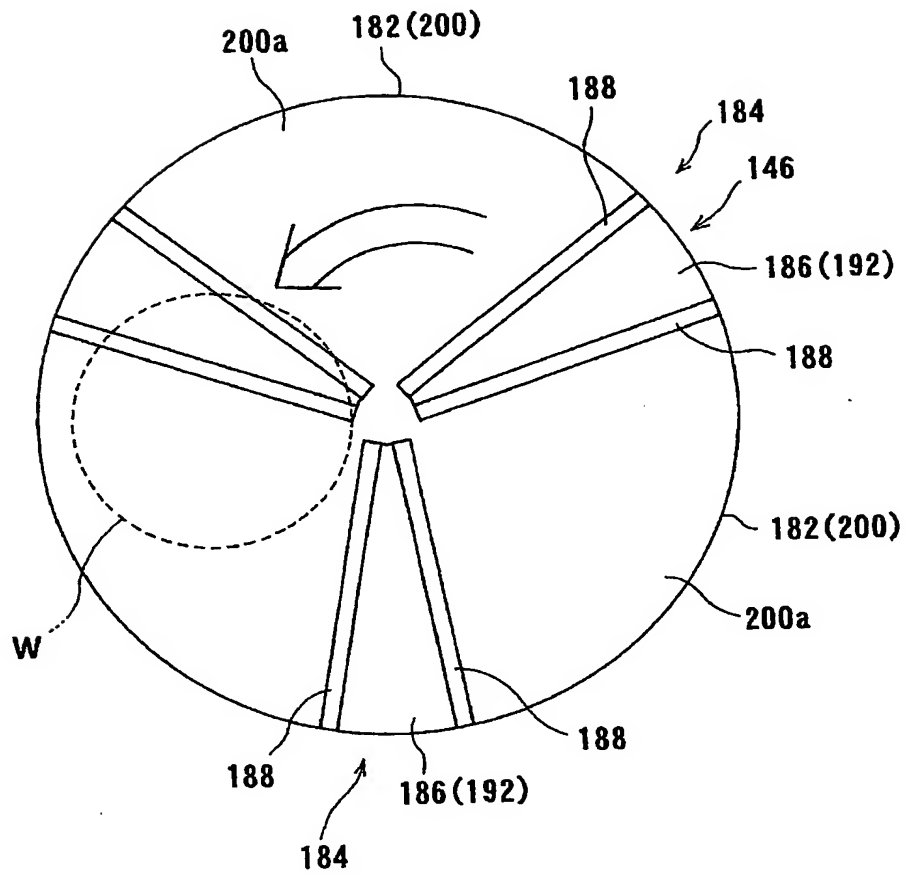
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 例えば銅膜等の導電膜を、低面圧かつ高レートで、例えばピットの発生を効果的に防止しつつ、確実に加工できるようにする。

【解決手段】 基板を保持する基板ホルダ 42 と、基板の表面を機械的作用を含む加工方法で加工する機械的加工部 82 と、イオン交換体 92 を備えた加工電極 86 を有し、イオン交換体 92 を基板に接触させつつ加工電極 86 と基板の間に電圧を印加して基板を加工する電解加工部 84 とを個別に備えた加工テーブル 46 と、基板と加工電極 86 の間、及び基板と機械的加工部 82 の間に液体を供給する液体供給手段と、基板と加工テーブル 46 とを相対移動させる駆動部 56, 58 を備えた。

【選択図】 図 3

特願 2 0 0 3 - 0 7 6 5 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日
[変更理由]

住 所
氏 名

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

新規登録

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

株式会社荏原製作所

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**